

Best Available Copy

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

REC'D 16 NOV 2004

WIPO

PCT

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

103 47 516.8

**Anmeldetag:**

13. Oktober 2003

**Anmelder/Inhaber:**

Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

**Bezeichnung:**

Verfahren und Vorrichtung zum Ermitteln einer  
Phasenlage einer Nockenwelle einer Brennkraft-  
maschine

**IPC:**

F 02 D 41/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 21. Oktober 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Schäfer

A 9161  
06/00  
EDV-L

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Ermitteln einer Phasenlage einer Nockenwelle einer Brennkraftmaschine

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ermitteln einer Phasenlage einer Nockenwelle einer Brennkraftmaschine.

- 10 Eine bekannte Brennkraftmaschine hat eine Kurbelwelle, die von Kolben der Zylinder der Brennkraftmaschine mittels Pleuelstangen angetrieben wird. Ferner ist eine Nockenwelle vorgesehen, auf der Nocken ausgebildet sind zum Antrieb von Gas-
- 15 Nockenwelle ist mittels eines Übertragers mit der Kurbelwelle gekoppelt und wird von dieser angetrieben. Immer strengere gesetzliche Vorschriften bezüglich des Ausstoßes von Schad-
- 20 emissionen (NOX) können sehr wirkungsvoll durch das Rückführen von Abgas in die Brennräume der Zylinder der Brennkraftmaschine reduziert werden. Durch die rückgeführten Abgase in dem Brennraum wird die Spitztemperatur der Verbrennung des Luft/Kraftstoff-Gemisches gesenkt, was dann zu einer Reduzierung der Stickoxidemissionen führt.

- Eine Abgasrückführung kann in der Brennkraftmaschine besonders gut durch eine sogenannte interne Abgasrückführung erreicht werden. Bei einer internen Abgasrückführung wird der
- 30 Kurbelwellenwinkelbereich, während dessen sowohl das Gaseinlassventil den Einlass zum Zylinder freigibt als auch das Gasauslassventil den Auslass freigibt, zu dem ein Abgaskanal geführt ist, entsprechend der gewünschten Abgasrückführtrate eingestellt. Dieser Kurbelwellenwinkelbereich wird häufig
- 35 auch mit Ventilüberschneidung bezeichnet.

Aus der DE 101 08 055 C1 ist eine Brennkraftmaschine bekannt mit einer Nockenwelle, deren Phasenlage zu der Kurbelwelle mittels einer Verstelleinrichtung verstellbar ist. Die Verstelleinrichtung ist hydraulisch ansteuerbar.

5

Je nachdem in welchem Betriebspunkt sich die Brennkraftmaschine befindet, müssen sehr unterschiedliche Abgasrückführaten eingestellt werden. Dies gilt auch für die unterschiedlichen Betriebsmodi, wie sie beispielsweise bei Brennkraftmaschinen mit Einspritzventilen auftreten, die den Kraftstoff direkt in den Brennraum des Zylinders zumessen. Diese Betriebsmodi sind beispielsweise ein Schicht-Betrieb oder ein Homogen-Betrieb. Es ergibt sich somit die Anforderung sehr schnell die Abgasrückführaten von hohen auf niedrige und umgekehrt einzustellen und gleichzeitig die Abgasrückführate sehr präzise einzustellen. Die DE 101 08 055 C1 offenbart, die Phasenlage abhängig von dem Nockenwellenwinkel und dem Kurbelwellenwinkel zu ermitteln.

20 Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, das beziehungsweise die ein genaues Erfassen der Phasenlage zwischen einer Nockenwelle und einer Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine ermöglicht.

25 Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

30 Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zum Ermitteln einer Phasenlage einer Nockenwelle einer Brennkraftmaschine mit einer Kurbelwelle, einer Nockenwelle und einer Verstelleinrichtung, mittels der die Phasenlage der Nockenwelle zu der Kurbelwelle verstellt werden kann. Eine Phasenlage wird abhängig von einem erfassten Kurbelwellenwinkel und einem erfassten Nockenwellenwinkel ermittelt. Ein Filterkoeffizient eines Filters wird abhängig von der Amplitude einer Schwingung der Phasenlage

35

# Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Ermitteln einer Phasenlage einer Nockenwelle einer Brennkraftmaschine

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ermitteln einer Phasenlage einer Nockenwelle einer Brennkraftmaschine.

- 10 Eine bekannte Brennkraftmaschine hat eine Kurbelwelle, die von Kolben der Zylinder der Brennkraftmaschine mittels Pleuelstangen angetrieben wird. Ferner ist eine Nockenwelle vorgesehen, auf der Nocken ausgebildet sind zum Antrieb von Gas-
- 15 Nockenwelle ist mittels eines Übertragers mit der Kurbelwelle gekoppelt und wird von dieser angetrieben. Immer strengere gesetzliche Vorschriften bezüglich des Ausstoßes von Schad-
- 20 emissionen (NOX) können sehr wirkungsvoll durch das Rückführen von Abgas in die Brennräume der Zylinder der Brennkraftmaschine reduziert werden. Durch die rückgeführten Abgase in dem Brennraum wird die Spitzentemperatur der Verbrennung des Luft/Kraftstoff-Gemisches gesenkt, was dann zu einer Reduzierung der Stickoxidemissionen führt.

- Eine Abgasrückführung kann in der Brennkraftmaschine besonders gut durch eine sogenannte interne Abgasrückführung erreicht werden. Bei einer internen Abgasrückführung wird der
- 30 Kurbelwellenwinkelbereich, während dessen sowohl das Gaseinlassventil den Einlass zum Zylinder freigibt als auch das Gasauslassventil den Auslass freigibt, zu dem ein Abgaskanal geführt ist, entsprechend der gewünschten Abgasrückführtrate eingestellt. Dieser Kurbelwellenwinkelbereich wird häufig
- 35 auch mit Ventilüberschneidung bezeichnet.

Aus der DE 101 08 055 C1 ist eine Brennkraftmaschine bekannt mit einer Nockenwelle, deren Phasenlage zu der Kurbelwelle mittels einer Verstelleinrichtung verstellbar ist. Die Verstelleinrichtung ist hydraulisch ansteuerbar.

5

Je nachdem in welchem Betriebspunkt sich die Brennkraftmaschine befindet, müssen sehr unterschiedliche Abgasrückführaten eingestellt werden. Dies gilt auch für die unterschiedlichen Betriebsmodi, wie sie beispielsweise bei Brennkraftmaschinen mit Einspritzventilen auftreten, die den Kraftstoff direkt in den Brennraum des Zylinders zumessen. Diese Betriebsmodi sind beispielsweise ein Schicht-Betrieb oder ein Homogen-Betrieb. Es ergibt sich somit die Anforderung sehr schnell die Abgasrückführaten von hohen auf niedrige und umgekehrt einzustellen und gleichzeitig die Abgasrückführate sehr präzise einzustellen. Die DE 101 08 055 C1 offenbart, die Phasenlage abhängig von dem Nockenwellenwinkel und dem Kurbelwellenwinkel zu ermitteln.

20 Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, das beziehungsweise die ein genaues Erfassen der Phasenlage zwischen einer Nockenwelle und einer Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine ermöglicht.

25 Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

30 Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zum Ermitteln einer Phasenlage einer Nockenwelle einer Brennkraftmaschine mit einer Kurbelwelle, einer Nockenwelle und einer Verstelleinrichtung, mittels der die Phasenlage der Nockenwelle zu der Kurbelwelle verstellt werden kann. Eine Phasenlage wird abhängig von einem erfassten Kurbelwellenwinkel und einem erfassten Nockenwellenwinkel ermittelt. Ein Filterkoeffizient eines Filters wird abhängig von der Amplitude einer Schwingung der Phasenlage

35

und der Änderung der Phasenlage ermittelt. Eine gefilterte Phasenlage der ermittelten Phasenlage wird mittels des Filters ermittelt.

- 5 Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass insbesondere bei Brennkraftmaschinen, deren Nockenwelle oder Nockenwellen auf wenige Gaswechselventile einwirken, wie dies beispielsweise bei einer V6-Brennkraftmaschine mit zwei Nockenwellen, die jeweils den Gaswechselventilen oder nur den Gas-
- 10 einlassventilen dreier Zylinder zugeordnet sind, starke der Drehbewegung der Nockenwelle überlagerte Schwingungen auftreten aufgrund der Ventilbewegungen der Gaswechselventile. Dies führt dann zu einer ungenauen Erfassung der Phasenlage und damit im Falle einer Regelung der Phasenlage zur Verringerung
- 15 der Regelungsgüte, insbesondere im Stationärbetrieb der Regelung.

Durch das erfindungsgemäße Filtern der Phasenlage kann bei geeigneter Wahl der Filterkoeffizienten abhängig von der Amplitude der Schwingung der Phasenlage und der Änderung der

20 Phasenlage sowohl ein sehr gutes Dynamikverhalten bei der Einstellung einer gewünschten Phasenlage gewährleistet werden als auch die stationäre Genauigkeit bei der Einstellung der Phasenlage verbessert werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Filterung mittels eines nichtrekursiven Filters erster Ordnung. Dies hat den Vorteil, dass die Filterung besonders einfach ist.

30

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Änderung der Phasenlage gefiltert und der Filterkoeffizient abhängig von der gefilterten Änderung der Phasenlage ermittelt. Dies hat den Vorteil, dass die Phasenlage einfach

35 und sehr genau bestimmt werden kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Filterung der Änderung der Phasenlage abhängig von der Drehzahl und/oder einer Öltemperatur. Dies hat den Vorteil, dass die Drehzahl und/oder Öltemperatur charakteristisch sind für die Pumpleistung einer Hydraulikpumpe und damit für eine mögliche Dynamik einer hydraulisch angesteuerten Verstelleinrichtung.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Amplitude der Schwingung der Phasenlage gefiltert und der Filterkoeffizient abhängig von der gefilterten Amplitude der Schwingung der Phasenlage ermittelt. Dies hat den Vorteil, dass die Phasenlage einfach und sehr genau bestimmt werden kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Filterung der Amplitude abhängig von der Drehzahl und/oder einer Öltemperatur. Dies hat den Vorteil, dass die Drehzahl und/oder Öltemperatur charakteristisch sind für die Pumpleistung einer Hydraulikpumpe und damit für eine mögliche Dynamik einer hydraulisch angesteuerten Verstelleinrichtung.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird das Verringern des Filterkoeffizienten innerhalb einer vorgegebenen Zeitdauer oder innerhalb eines vorgegebenen Kurbelwellenwinkelabschnitts auf einen vorgegebenen Schwellenwert begrenzt. Dadurch kann bei einem plötzlichen Wechsel von zunehmender Phasenlage zu abnehmender Phasenlage oder umgekehrt verhindert werden, dass der Filterkoeffizient von einem hohen Wert kurzfristig auf einen niedrigen Wert herabgesetzt wird mit der Folge einer dann starken Filterung der Phasenlage, was bei einem derartigen instationären Verlauf der Phasenlage unerwünscht ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Filterung mittels eines nichtrekursiven Filters

der Ordnung zwei oder höher. Dadurch ist ein noch präziseres Filtern der Phasenlage möglich.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand  
5 der schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Brennkraftmaschine mit einer Steuereinrichtung,

Figur 2 eine weitere Ansicht von Teilen der Brennkraftma-  
10 schine,

Figur 3 ein Ablaufdiagramm eines Programms zum Ermitteln  
einer Phasenlage einer Nockenwelle zu einer Kurbel-  
welle der Brennkraftmaschine gemäß Figur 1 und 2,  
und

Figur 4 ein Ablaufdiagramm eines Programms zum Einstellen  
15 der Phasenlage zwischen der Nockenwelle und der  
Kurbelwelle.

20 Elemente gleicher Konstruktion und Funktion sind figurenüber-  
greifend mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Eine Brennkraftmaschine (Figur 1) umfasst einen Ansaugtrakt  
1, einen Motorblock 2, einen Zylinderkopf 3 und einen Abgas-  
trakt 4. Der Ansaugtrakt umfasst vorzugsweise eine Drossel-  
klappe 11, ferner einen Sammler 12 und ein Saugrohr 13, das  
hin zu einem Zylinder Z1 über einen Einlasskanal in den Mo-  
torblock geführt ist. Der Motorblock umfasst ferner eine Kur-  
belwelle 21, welche über eine Pleuelstange 25 mit dem Kolben  
30 24 des Zylinders Z1 gekoppelt ist.

Der Zylinderkopf umfasst einen Ventiltrieb mit einem Einlass-  
ventil 30, einem Auslassventil 31 und Ventilantrieben 32, 33.  
Der Antrieb des Gaseinlassventils 30 und des Gasauslassven-  
35 tils 31 erfolgt mittels einer Nockenwelle 36 (siehe Figur 2),  
auf der Nocken 39 ausgebildet sind, die auf das Gaseinlass-  
ventil 30 bzw. das Gasauslassventil 31 einwirken, oder gege-



benenfalls mittels zweier Nockenwellen, wobei je eine dem Gaseinlassventil 30 und dem Gasauslassventil 31 zugeordnet ist.

- 5 Der Antrieb für das Gaseinlassventil 30 und/ oder das Gasauslassventil 31 umfasst vorzugsweise neben der Nockenwelle 36 eine Verstelleinrichtung 37, die einerseits mit der Nockenwelle 36 und andererseits mit der Kurbelwelle 21 gekoppelt ist, z. B. über Zahnkränze, die über eine Kette miteinander
- 10 gekoppelt sind. Mittels der Verstelleinrichtung 37 kann die Phasenlage zwischen der Kurbelwelle 21 und der Nockenwelle 36 verstellt werden. Die Anordnung der Zahnkränze und der Kette bildet einen Übertrager.
- 15 Dies erfolgt im vorliegenden Ausführungsbeispiel durch Erhöhen des hydraulischen Drucks in den Hochdruckkammern 37a der Verstelleinrichtung 37 bzw. Erniedrigen des entsprechenden Drucks, je nachdem in welche Richtung die Verstellung erfolgen soll. Der mögliche Verstellbereich ist in der Figur 2 mit
- 20 dem Pfeil 37b gekennzeichnet.

- Falls zwei Nockenwellen 36 vorgesehen sind kann beispielsweise die Verstelleinrichtung 37 nur einer Nockenwelle 36 zugeordnet sein, während die andere Nockenwelle direkt mittels
- 25 des Übertragers von der Kurbelwelle 21 angetrieben wird. In diesem Fall kann die Ventilüberschneidung des Gaseinlassventils 30 und des Gasauslassventils 31 verändert werden, d.h. der Kurbelwellenwinkelbereich, während dessen sowohl ein Einlass als auch ein Auslass des Zylinders freigegeben wird. Ein
- 30 Verändern der Ventilüberschneidung ist auch möglich, wenn zwei Nockenwellen 36 zwei separate Verstelleinrichtungen 37 zugeordnet sind.

- Der Zylinderkopf 3 (Figur 1) umfasst ferner ein Einspritzventil 34 und eine Zündkerze 35. Alternativ kann das Einspritzventil auch in dem Saugrohr 13 angeordnet sein.
- 35

Der Abgastrakt 4 umfasst einen Katalysator 40.

5 Ferner ist eine Steuereinrichtung 6 vorgesehen, der Sensoren zugeordnet sind, die verschiedene Messgrößen erfassen und jeweils den Messwert der Messgröße ermitteln. Die Steuereinrichtung 6 ermittelt abhängig von mindestens einer der Messgrößen Stellgrößen, die dann in ein oder mehrere Stellsignale zum Steuern der Stellglieder mittels entsprechender Stellantriebe umgesetzt werden.

10

Die Sensoren sind ein Pedalstellungsgeber 71, welcher die Stellung eines Fahrpedals 7 erfasst, ein Luftmassenmesser 14, welcher einen Luftmassenstrom stromaufwärts der Drosselklappe 11 erfasst, ein Temperatursensor 15, welcher die Ansauglufttemperatur erfasst, ein Drucksensor 16, welcher den Saugrohrdruck MAP erfasst, ein Kurbelwellenwinkelsensor 22, welcher einen Kurbelwellenwinkel CRK erfasst, dem eine Drehzahl N zugeordnet wird, ein weiterer Temperatursensor 23, welcher eine Kühlmitteltemperatur erfasst, ein Nockenwellenwinkelsensor 20 36a, welcher den Nockenwellenwinkel CAM erfasst, ein weiterer Temperatursensor 25, welcher eine Öltemperatur TOIL erfasst und eine Sauerstoffsonde 41 welche einen Restsauerstoffgehalt des Abgases erfasst. Je nach Ausführungsform der Erfindung kann eine beliebige Untermenge der genannten Sensoren oder auch zusätzliche Sensoren vorhanden sein.

Die Stellglieder sind beispielsweise die Drosselklappe 11, die Gaseinlass- und Gasauslassventile 30, 31, das Einspritzventil 34, die Zündkerze 35 und die Verstelleinrichtung 37

30

Die Brennkraftmaschine kann neben dem Zylinder Z1 auch noch weitere Zylinder Z2-Z4 umfassen, denen dann auch entsprechende Stellglieder zugeordnet sind.

35 Ein Programm zum Ermitteln der Phasenlage PH zwischen der Kurbelwelle 21 und der Nockenwelle 36 wird in einem Schritt

S1 (Figur 1) gestartet, in dem gegebenenfalls Variablen initialisiert werden.

5 In einem Schritt S2 wird die Phasenlage PH abhängig von dem Kurbelwellenwinkel CRK und dem Nockenwellenwinkel CAM ermittelt. Dies erfolgt beispielsweise mittels Auszählen von Zahnflanken eines Kurbelwellenwinkelgebers des Kurbelwellenwinkelsensors 22 bezogen auf eine Referenzposition auf der Nockenwelle 36 und anschließendes Umrechnen in die Phasenlage PH.  
10

1 In einem Schritt S4 wird eine Amplitude AMP einer Schwingung der Phasenlage PH ermittelt. Ein in Klammern gesetztes  $n$  bedeutet jeweils ein im aktuellen Berechnungszyklus des Programms erfasster oder ermittelter Wert. Ein in Klammern gesetztes  $n-1$  bedeutet dementsprechend ein bei dem letzten Berechnungszyklus des Programms ermittelter oder erfasster Wert.  
15

20 Die aktuelle Amplitude  $AMP(n)$  der Schwingung der Phasenlage PH wird durch Betragsbildung der Differenz zwischen der aktuellen Phasenlage  $PH(n)$  und der in dem vorangegangenen Berechnungszyklus ermittelten Phasenlage  $PH(n-1)$  ermittelt.

1 25 In einem Schritt S6 wird eine gefilterte Amplitude  $AMP\_FIL(n)$  durch Filtern der aktuell ermittelten Amplitude  $AMP(n)$  mit einem Filter erster Ordnung ermittelt. Das Filter erster Ordnung hat einen Filterkoeffizienten  $FF1$ , der entweder fest vorgegeben ist, vorteilhaft jedoch vorab in einem Schritt S22 abhängig von der Drehzahl  $N$  und/oder der Öltemperatur  $TOIL$  ermittelt wird. Dies erfolgt vorzugsweise mittels einer Kennlinie oder eines Kennfeldes und zwar durch Kennlinien- oder Kennfeldinterpolation. Die Kennlinie oder das Kennfeld sind durch entsprechende Versuche an einem Motorprüfstand oder  
30  
35 durch Simulationen ermittelt.

In einem Schritt S8 wird die aktuelle Änderung  $\Delta(n)$  der Phasenlage PH durch Bilden der Differenz zwischen der aktuellen Phasenlage  $PH(n)$  und der vorangegangenen Phasenlage  $PH(n-1)$  ermittelt.

5

In einem Schritt S10 wird eine gefilterte Änderung  $\Delta_{FIL}(n)$  mittels eines Filters erster Ordnung durch Filtern der aktuellen Änderung  $\Delta(n)$  ermittelt. Der Filterkoeffizient FF2 des zweiten Filters kann fest vorgegeben sein, wird jedoch bevorzugt vorab in einem Schritt S24 abhängig von der Drehzahl N und/oder einer Öltemperatur TOIL ermittelt und zwar ebenso wie im Schritt S22 vorzugsweise mittels Kennfeld- oder Kennlinieninterpolation.

10

15 In einem Schritt S12 wird dann der aktuelle Filterkoeffizient  $FF3(n)$  für eine weiteres Filter ermittelt und zwar abhängig von der gefilterten Amplitude  $AMP_{FIL}(n)$  und der gefilterten Änderung  $\Delta_{FIL}(n)$  der Phasenlage PH. Dies erfolgt vorzugsweise mittels Kennfeldinterpolation aus einem Kennfeld, das vorab durch Versuche an einem Motorprüfstand ermittelt wurde. Die Kennfeldwerte sind vorzugsweise so gewählt, dass in den Fällen, in denen die gefilterte Amplitude  $AMP_{FIL}(n)$  der Schwingung der Phasenlage in etwa gleich ist der gefilterten Änderung  $\Delta_{FIL}(n)$  der Phasenlage PH relativ groß sind, beispielsweise den Wert 0,7 haben. Wenn andererseits die gefilterte Änderung  $\Delta_{FIL}(n)$  nahezu den Wert null hat und die gefilterte Amplitude  $AMP_{FIL}(n)$  einen deutlich größeren Wert als null hat, sind die Kennfeldwerte bevorzugt sehr klein gewählt und zwar zum Beispiel mit Werten von 0,1 bis

20

30 0,2.

In einem Schritt S18 wird dann eine gefilterte aktuelle Phasenlage  $PH_{FIL}(n)$  durch Filtern der aktuellen Phasenlage  $PH(n)$  mittels eines Filters erster Ordnung mit dem Filterkoeffizienten FF3 ermittelt.

35

Bevorzugt wird nach dem Schritt S12 die Bearbeitung in einem Schritt S14 fortgesetzt, in dem geprüft wird, ob die Differenz des Filterkoeffizienten  $FF3(n-1)$ , der in dem vorangegangenen Berechnungsdurchlauf ermittelt wurde, und des aktuell

5 ermittelten Filterkoeffizienten  $FF3(n)$  größer ist als ein vorgegebener Schwellenwert SW. Ist dies nicht der Fall so wird die Bearbeitung direkt in dem Schritt S18 fortgesetzt.

Ist die Bedingung des Schrittes S14 hingegen erfüllt, so wird

10 in einem Schritt S16 dem aktuellen Filterkoeffizienten  $FF3(n)$  die Differenz des in dem vorangegangenen Berechnungszyklus ermittelten Filterkoeffizienten  $FF3(n-1)$  und des Schwellenwertes SW zugeordnet. Dadurch wird erreicht, dass sich der

15 Filterkoeffizient  $FF3$  von einem Berechnungszyklus zu dem nächsten Berechnungszyklus maximal um den Schwellenwert SW ändert. Dadurch kann bei einem plötzlichen Wechsel von zunehmender Phasenlage PH zu abnehmender Phasenlage PH oder umgekehrt verhindert werden, dass der Filterkoeffizient  $FF3$  von

20 einem hohen Wert kurzfristig auf einen niedrigen Wert herabgesetzt wird mit der Folge einer dann starken Filterung der Phasenlage PH, was bei einem derartigen instationären Verlauf der Phasenlage PH unerwünscht ist.

Das Programm verharret für eine vorgegebene Wartezeitdauer  $T_W$

25 in einem Schritt S20, bevor die Bearbeitung erneut im Schritt S2 fortgesetzt wird. Alternativ kann das Programm in dem Schritt S20 auch für einen vorgegebenen Kurbelwellenwinkel verharren, bevor die Bearbeitung erneut in dem Schritt S2 fortgesetzt wird. Das erneute Bearbeiten der Schritte S2 bis

30 S18 entspricht dann dem nächsten Berechnungszyklus.

Parallel zu dem Ermitteln der gefilterten Phasenlage  $PH_{FIL}$  wird im Programm gemäß Figur 3 ein weiteres Programm abgearbeitet, das ein Stellsignal S (Figur 4) zum Steuern der Ver-

35 stelleinrichtung 37 ermittelt.

Das Programm wird in einem Schritt S26 gestartet und zwar vorzugsweise zeitnah zum Start der Brennkraftmaschine. In einem Schritt S28 wird eine Abgasrückführrate EGR ermittelt und zwar abhängig von einem geforderten Drehmoment  $TQ\_REQ$ , das von der Brennkraftmaschine erzeugt werden soll und das vorzugsweise abhängig von der Stellung des Fahrpedals und gegebenenfalls weiteren Drehmomentanforderungen, wie denen eines ABS- oder ESP-Systems, ermittelt wird. Die Abgasrückführrate wird vorteilhaft auch abhängig von einem Betriebsmodus MOD der Brennkraftmaschine ermittelt, der beispielsweise ein Schicht-Betrieb oder ein Homogen-Betrieb der Brennkraftmaschine sein kann. Die Abgasrückführrate EGR kann auch abhängig von weiteren Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine ermittelt werden.

15

In einem Schritt S30 wird dann ein Sollwert  $PH\_SP$  der Phasenlage abhängig von der Abgasrückführrate EGR, dem Saugrohrdruck MAP und abhängig von der Drehzahl N und gegebenenfalls weiteren Betriebsgrößen ermittelt.

20

In einem Schritt S32 wird dann das Stellsignal S zum Ansteuern der Verstelleinrichtung 37 abhängig von dem Sollwert  $PH\_SP$  der Phasenlage und der gefilterten Phasenlage  $PH\_FIL(n)$  ermittelt. Dies erfolgt vorzugsweise mittels eines Reglers der als P-, PI- oder PID-Regler ausgebildet ist.

Die Verstelleinrichtung 37 wird dann mit dem Stellsignal S angesteuert. Nach dem Schritt S32 verharret das Programm dann für die vorgegebene Wartezeitdauer  $T\_W$  in einem Schritt S34. Alternativ kann das Programm auch in dem Schritt S34 auch für einen vorgegebenen Kurbelwellenwinkel verharren, bevor die Bearbeitung erneut in dem Schritt S28 fortgesetzt wird.

30

Durch eine geeignete Wahl des Filterkoeffizienten FF3 kann die Regelgüte des Reglers des Schrittes S28 sehr stark erhöht werden und ein gutes dynamisches Verhalten und gleichzeitig eine hohe stationäre Regelgenauigkeit erreicht werden. Dies

35

führt dazu, dass die Abgasrückfuhrate EGR in dem Zylinder Z1 sehr schnell und stationär genau eingestellt werden kann, was dann entscheidend beiträgt zu geringen Stickoxidemissionen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln einer Phasenlage einer Nockenwelle einer Brennkraftmaschine mit einer Kurbelwelle (21), einer  
5 Nockenwelle (36) und einer Verstelleinrichtung (37), mittels der die Phasenlage (PH) der Nockenwelle (21) zu der Kurbelwelle (37) verstellt werden kann,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
- die Phasenlage (PH) abhängig von einem erfassten Kurbelwellenwinkel (CRK) und einem erfassten Nockenwellenwinkel (CRM) ermittelt wird,  
10 - ein Filterkoeffizient (FF3) eines Filters abhängig von der Amplitude (AMP) einer Schwingung der Phasenlage (PH) und der Änderung (DELTA) der Phasenlage (PH) ermittelt wird und  
15 - eine gefilterte Phasenlage (PH\_FIL) der ermittelten Phasenlage (PH) mittels des Filters ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
20 die Filterung mittels eines nichtrekursiven Filters erster Ordnung erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
25 die Änderung (DELTA) der Phasenlage (PH) gefiltert wird und der Filterkoeffizient (FF3) abhängig von der gefilterten Änderung (DELTA\_FIL) der Phasenlage (PH) ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3,  
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Filterung der Änderung (DELTA) der Phasenlage (PH) abhängig von der Drehzahl (N) und/oder einer Öltemperatur (TOIL) erfolgt.
- 35 5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Amplitude (AMP) der Schwingung der Phasenlage (PH) gefiltert wird und der Filterkoeffizient (FF3) abhängig von der



gefilterten Amplitude (AMP\_FIL) der Schwingung der Phasenlage (PH) ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5,

- 5    d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,   d a s s  
die Filterung der Amplitude (AMP) abhängig von der Drehzahl (N) und/oder der Öltemperatur (TOIL) erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

- 10    d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,   d a s s  
das Verringern des Filterkoeffizienten (FF3) innerhalb einer vorgegebenen Zeitdauer oder innerhalb eines vorgegebenen Kurbelwellenwinkelabschnitts auf einen vorgegebenen Schwellenwert (SW) begrenzt wird.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

- 20    d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,   d a s s  
die Filterung mittels eines nichtrekursiven Filters der Ordnung zwei oder höher erfolgt.

9. Vorrichtung zum Ermitteln einer Phasenlage einer Nockenwelle einer Brennkraftmaschine mit einer Kurbelwelle (21), einer Nockenwelle (36) und einer Verstelleinrichtung (37), mittels der die Phasenlage (PH) der Nockenwelle (36) zu der Kurbelwelle (21) verstellt werden kann,

- 25    d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,   d a s s  
- erste Mittel vorgesehen sind, die die Phasenlage (PH) abhängig von einem erfassten Kurbelwellenwinkel (CRK) und einem erfassten Nockenwellenwinkel (CAM) ermitteln,  
30    - zweite Mittel vorgesehen sind, die einen Filterkoeffizienten (FF3) eines Filters abhängig von der Amplitude (AMP) einer Schwingung der Phasenlage (PH) und der Änderung (DELTA) der Phasenlage (PH) ermitteln, und  
- dritte Mittel vorgesehen sind, die eine gefilterte Phasenlage (PH\_FIL) der ermittelten Phasenlage (PH) mittels des  
35    Filters ermitteln.

### Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zum Ermitteln einer Phasenlage einer Nockenwelle einer Brennkraftmaschine

5

Eine Brennkraftmaschine hat eine Kurbelwelle, eine Nockenwelle und eine Verstelleinrichtung, mittels der eine Phasenlage (PH) der Nockenwelle zu der Kurbelwelle verstellt werden kann. Die Phasenlage (PH) wird abhängig von einem erfassten Kurbelwellenwinkel (CRK) und einem erfassten Nockenwellenwinkel (CAM) ermittelt. Ein Filterkoeffizient (FF3) eines Filters wird abhängig von der Amplitude (AMP) einer Schwingung der Phasenlage (PH) und der Änderung (DELTA) der Phasenlage (PH) ermittelt. Eine gefilterte Phasenlage (PH\_FIL) der ermittelten Phasenlage (PH) wird mittels des Filters ermittelt.

10

15

Figur 3

FIG 1

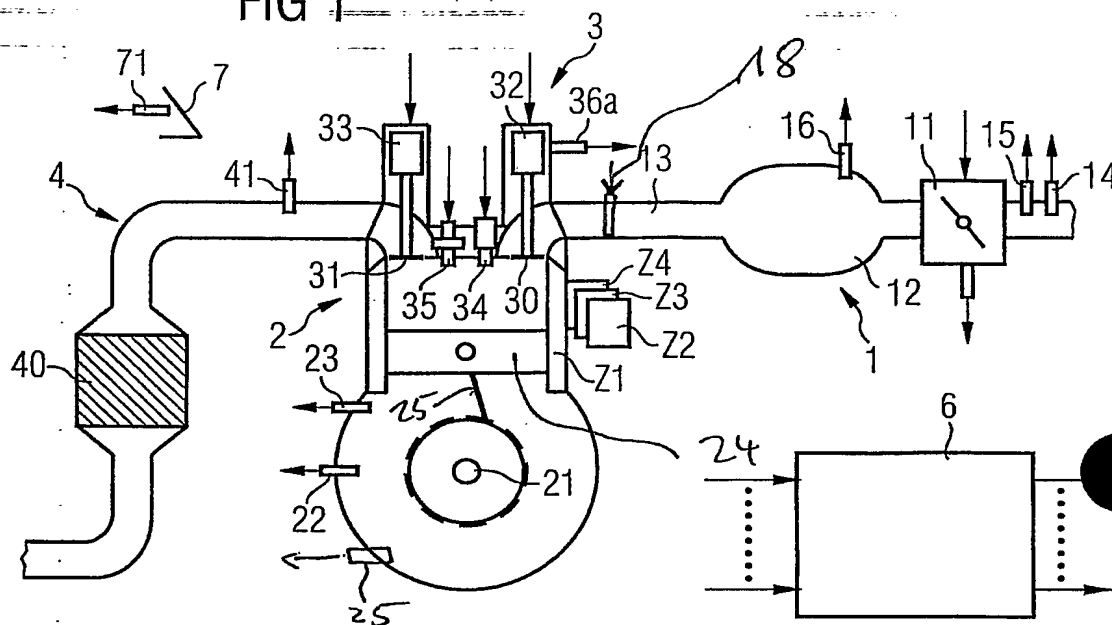


FIG 2

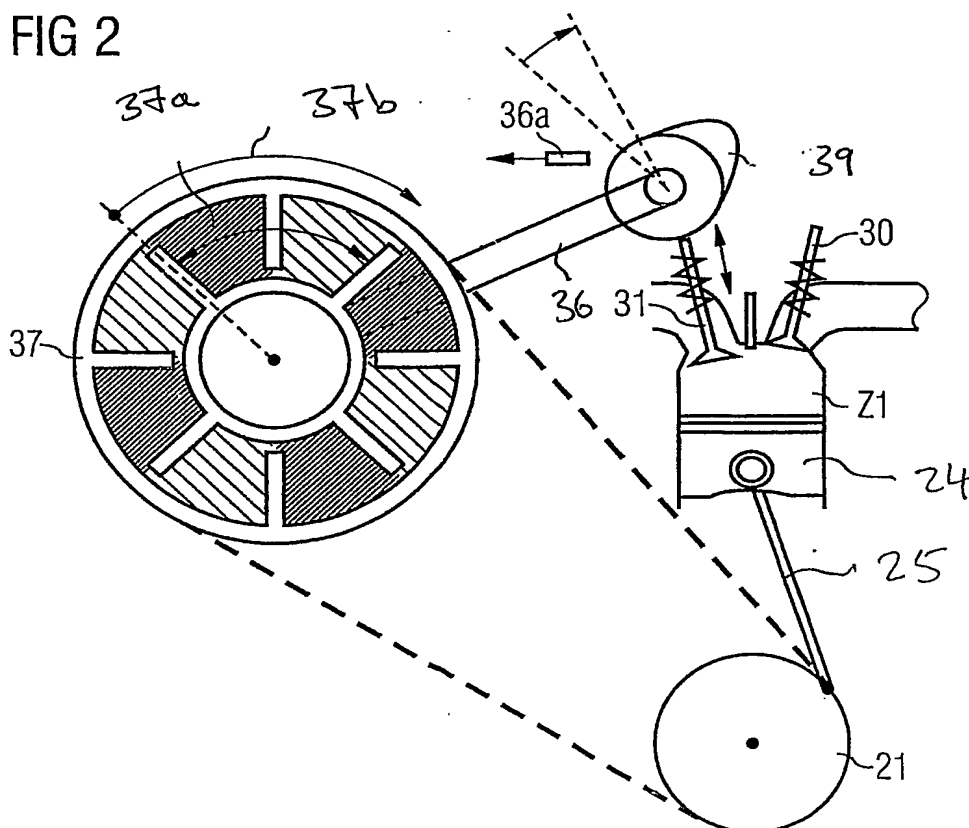


FIG 3

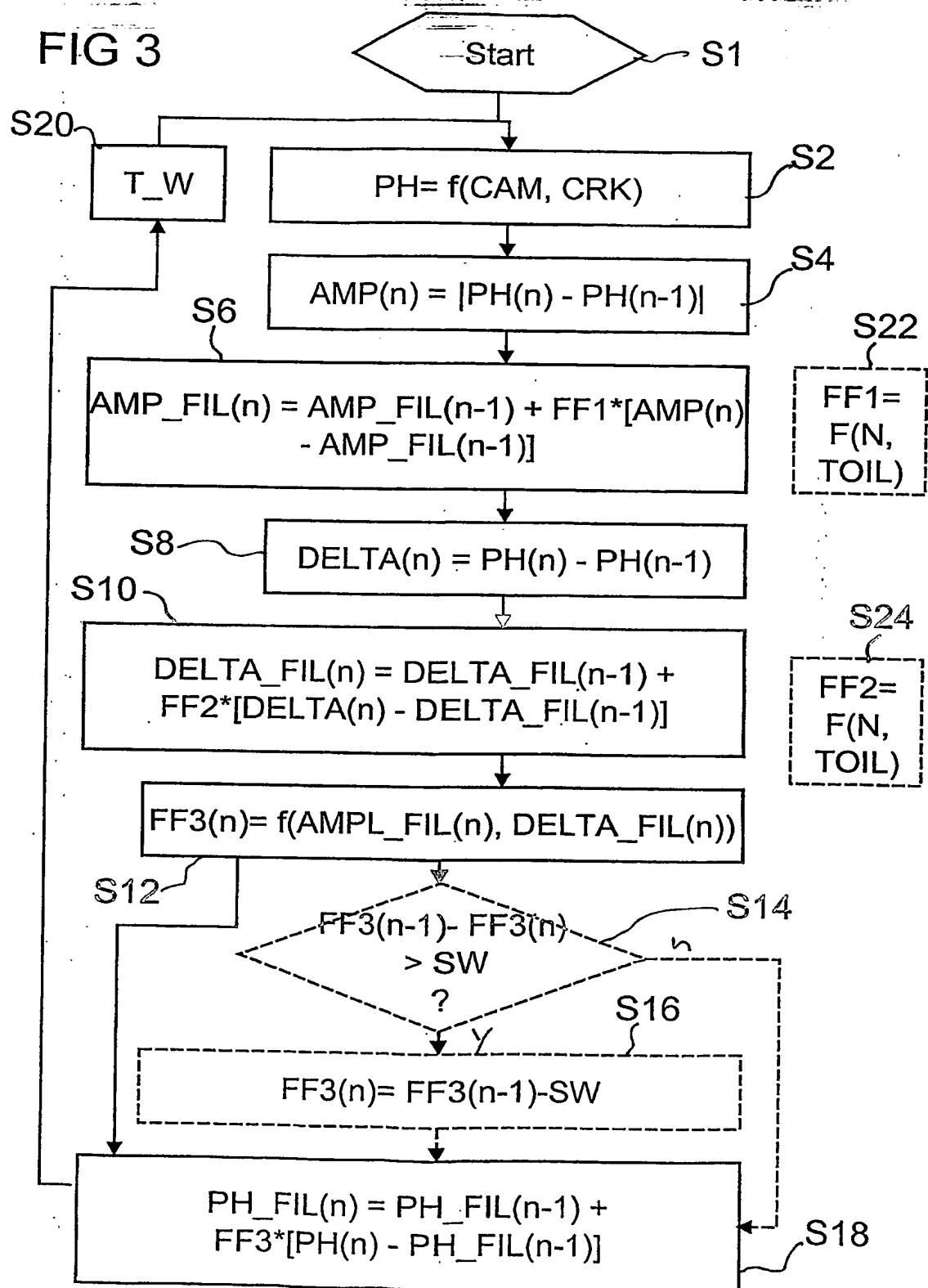
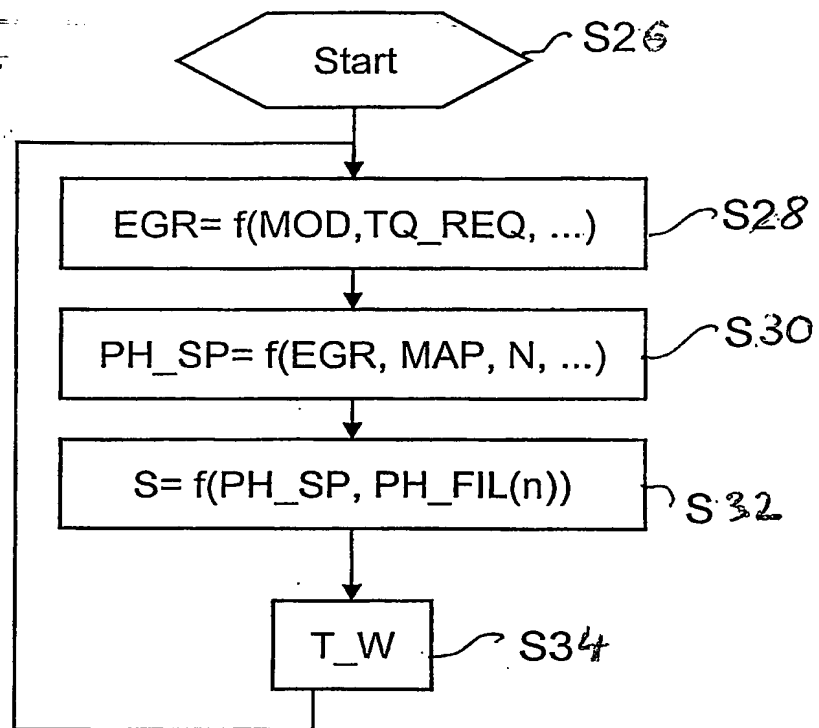


FIG 4



This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images  
problems checked, please do not report the  
problems to the IFW Image Problem Mailbox**